

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 07176027 A

(43) Date of publication of application: 14.07.95

(51) Int. Cl. G11B 5/66
G11B 5/02
G11B 5/85

(21) Application number: 05318166

(22) Date of filing: 17.12.93

(71) Applicant: HITACHI LTD

(72) Inventor:
HONDA YUKIO
INABA NOBUYUKI
SUZUKI MIKIO
AWANO HIROYUKI
FUTAMOTO MASAOKI

(54) MAGNETIC RECORDING MEDIUM AND
MAGNETIC RECORDING AND REPRODUCING
DEVICE

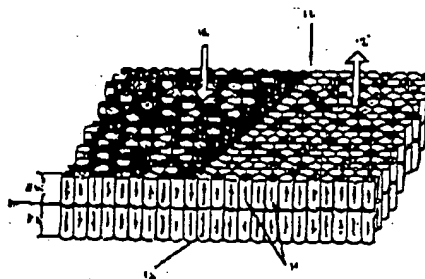
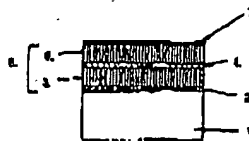
(57) Abstract:

PURPOSE: To obtain a perpendicular magnetic recording medium with low noise by forming at least two magnetic films on a substrate for controlling structure of magnetic film through a nonmagnetic intermediate layer.

CONSTITUTION: A base layer 2 comprising a Ti-Cr (10at%) alloy is formed on a glass substrate. Succeedingly in the same vacuum, a first magnetic film 3 such as a Co-15atm%Cr-6atm%Pt-3atm%Si magnetic film, a second magnetic film 5 such as Co-10atm%Cr-15atm%Pt alloy, and a Ru film as a nonmagnetic intermediate layer are formed. In this constitution, the obtd. sample shows large M_r^*/M_s^* ratio satisfying $0.82M_r^* \geq 21$, wherein M_s^* is the normalized saturated magnetization and M_r^* is the normalized residual magnetization for a zero magnetic field. The magnetic anisotropy K_u of the sample is several times or more as large as that of a monolayer perpendicular magnetic recording medium. The angle θ between the magnetization characteristics curve and the axis of magnetic field at the point of the normalized coercive force H_c^* is large as 35-90 degrees. Thereby, high recording magnetization and high reproducing output can

be obtd. even with a rather thin recording film. Further, the generation area of reverse magnetic domains is decreased to decrease reproducing noise.

COPYRIGHT: (C)1995.JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-176027

(43) 公開日 平成7年(1995)7月14日

| (51) Int. Cl. ⁴ | 識別記号 | 庁内整理番号 | F I | 技術表示箇所 |
|----------------------------|------|-----------|-----|--------|
| G-1-1-B | 5/66 | | | |
| | 5/02 | B 7426-5D | | |
| | 5/85 | C 7303-5D | | |

審査請求 未請求 請求項の数15 OL (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平5-318168
 (22) 出願日 平成5年(1993)12月17日

(71) 出願人 000005108
 株式会社日立製作所
 東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地
 (72) 発明者 本多 幸雄
 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
 株式会社日立製作所中央研究所内
 (72) 発明者 稲葉 信幸
 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
 株式会社日立製作所中央研究所内
 (72) 発明者 鈴木 幹夫
 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
 株式会社日立製作所中央研究所内
 (74) 代理人 弁理士 平木 祐輔

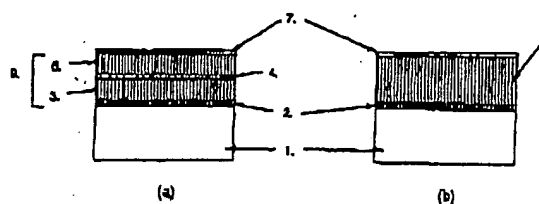
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気記録媒体及び磁気記録再生装置

(57) 【要約】

【目的】 優れた低ノイズ特性を有する超高密度磁気記録に好適な垂直磁気記録媒体を提供する。

【構成】 磁性膜の構造制御用の下地層3の上に少なくとも2層からなる磁性膜3、5を非磁性中間層4を介して積層した多層膜構造6を有する磁気記録媒体。磁気記録媒体の磁化容易方向の磁化-磁界曲線において、飽和磁化 (M_s) と反磁界補正を加えない残留磁化 (M_r) とは $M_r/M_s \geq 0.8$ の関係を有し、磁界の強さを保磁力で規格化し、磁化を飽和磁化で規格化した磁化-磁界曲線において、磁化ゼロの点を通過する曲線の接線と規格化磁界軸のなす角 (θ) は $35^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$ の範囲にある。



(2)

特開平7-176027

【特許請求の範囲】

【請求項1】 磁性膜の構造制御用の下地層の上に少なくとも2層からなる磁性膜を非磁性中間層を介して積層した構造を有する磁気記録媒体であって、磁気記録媒体の磁化容易方向の磁化-磁界曲線において、飽和磁化 (M_s) と反磁界補正を加えない残留磁化 (M_r) が $M_r/M_s \geq 0.8$ の関係を有し、磁界の強さを保磁力で規格化し、磁化を飽和磁化で規格化した磁化-磁界曲線において、磁化ゼロの点を通過する曲線の接線と規格化磁界軸のなす角 (θ) が $35^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$ の範囲にあることを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項2】 磁性膜の構造制御用の下地層の上に組成の異なる少なくとも2層からなる磁性膜を互いに境界を接して形成した積層膜を非磁性中間層を介して多層に形成した構造を有する磁気記録媒体であって、磁気記録媒体の磁化容易方向の磁化-磁界曲線において、飽和磁化 (M_s) と反磁界補正を加えない残留磁化 (M_r) が $M_r/M_s \geq 0.8$ の関係を有し、磁界の強さを保磁力で規格化し、磁化を飽和磁化で規格化した磁化-磁界曲線において、磁化ゼロの点を通過する曲線の接線と規格化磁界軸のなす角 (θ) が $35^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$ の範囲にあることを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項3】 多層磁性膜及び非磁性中間層は構造制御用の下地層の上にエピタキシャル成長していることを特徴とする請求項1又は2記載の磁気記録媒体。

【請求項4】 構造制御用の下地層は軟磁性薄膜の上に設けられていることを特徴とする請求項1～3のいずれか1項記載の磁気記録媒体。

【請求項5】 基板面に対して垂直、もしくは基板面の法線に対して $0 \sim 45$ 度の方向に実効的な磁化容易軸を有することを特徴とする請求項1～4のいずれか1項記載の磁気記録媒体。

【請求項6】 基板に近い側の磁性膜aの磁気異方性定数 K_u と基板から遠い側の磁性膜bの磁気異方性定数 K_u とが $K_{u1} \geq K_{u2}$ の関係を有することを特徴とする請求項1～5のいずれか1項記載の磁気記録媒体。

【請求項7】 磁性膜は、Coを主成分とし、これにCr, Fe, Mo, V, Ta, Pt, Si, B, Ir, W, Hf, Nb, Ru, Ti, Ni, CoO及び希土類元素の中から選ばれる少なくとも1種類以上の元素又は化合物を含んでなる材料からなり、六方稠密構造を有することを特徴とする請求項1～6のいずれか1項記載の磁気記録媒体。

【請求項8】 基板に近い側の磁性膜aの六方稠密構造のa軸の長さ a_1 と基板から遠い側の磁性膜bの六方稠密構造のa軸の長さ a_2 とが $a_2 \geq a_1$ の関係を有することを特徴とする請求項7記載の磁気記録媒体。

【請求項9】 各磁性膜の膜厚は磁性膜中の結晶粒径より大きいことを特徴とする請求項1～8のいずれか1項記載の磁気記録媒体。

【請求項10】 非磁性中間層はCo, Ti, Ru, Hf, Ta, Cr, V, Ti, Ru, W, Mo, Pt, Pd, Si, Ge, Bから選ばれた少なくとも1種類を含む材料、又はこれを含む合金材料からなることを特徴とする請求項1～9のいずれか1項記載の磁気記録媒体。

【請求項11】 非磁性中間層は六方稠密構造、面心立方構造、体心立方構造、又は非晶質構造を有することを特徴とする請求項1～10のいずれか1項記載の磁気記録媒体。

【請求項12】 非磁性中間層の厚さ t_n は、 $0 < t_n \leq 8 \text{ nm}$ であることを特徴とする請求項10又は11記載の磁気記録媒体。

【請求項13】 基板に近い側の磁性膜aの保磁力 (H_c) と基板から遠い側の磁性膜bの保磁力 (H_c) とが $H_{c1} \geq H_{c2}$ の関係を有することを特徴とする請求項1～12のいずれか1項記載の磁気記録媒体。

【請求項14】 基板に近い側の磁性膜aの飽和磁化 (M_s) と基板から遠い側の磁性膜bの飽和磁化 (M_s) とが $M_{s1} \geq M_{s2}$ の関係を有することを特徴とする請求項1～13のいずれか1項記載の磁気記録媒体。

【請求項15】 請求項1～14のいずれか1項に記載の磁気記録媒体、該磁気記録媒体を保持するための保持具、磁気記録媒体の磁性膜上に配置され情報を記録再生するための磁気ヘッド、磁気ヘッドと磁気記録媒体の相対的位置を移動させるための移動手段及びこれらを制御するための制御手段を備えることを特徴とする磁気記録再生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、再生ノイズが小さく高密度磁気記録に好適な垂直磁気記録媒体及び磁気記録再生装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 現在、実用的に用いられている磁気記録方式は、磁気記録媒体面に平行に、かつ磁極のN極とN極、S極とS極を互いに突き合わせる方向に磁化して磁気記録を行う面内磁気記録方式である。面内磁気記録において記録密度を上げるには、記録時の反磁界の影響を減少するために記録媒体である磁性膜の膜厚を薄くし、保磁力を増大する必要がある。また磁性膜の磁化容易軸を基板面に平行に配向させる必要がある。さらに望ましくは、磁化容易軸を一様な方向に配向させる。

【0003】 しかしながら、面内磁気記録では、本質的に記録ビットの境界にジグザク構造の磁区が形成され、これが線記録密度の向上や再生ノイズ低減の障害になっている。一方、垂直磁気記録方式は、磁気記録媒体面に垂直方向に、かつ隣合う記録ビットが互いに反平行に磁区を形成する記録方式であり、高密度記録に際して各記録ビット境界での反磁界が小さいため、境界が鮮明な記

(3)

特開平7-176027

録磁区が形成され、磁気記録密度の向上に適した方式であり、将来の数Gb/in²オーダーの高密度磁気記録の有力な記録方式の一つである。

【0004】垂直磁気記録方式のための磁気記録媒体としては、CoCr、Co-V、Co-Mo、CoCrTa、Co-CoO、CoCrRhなどのCoを主成分としたCo基合金薄膜が用いられている。これらの磁性薄膜を構成するCo基合金は六方稠密格子構造（以下、hcp構造という）を持ち、この結晶のc軸、〈00・1〉方向に磁化容易軸を持つ。この磁性薄膜を真空蒸着法やスパッタリング法などで形成したとき、薄膜を構成する微結晶粒が基板面に垂直方向にc軸配向し易い性質がある。磁気記録したときの記録密度や再生出力を向上し、再生ノイズを低下するなど磁気記録特性を上げるには、これらCo基合金薄膜のc軸配向性を向上すると共に、結晶粒径の制御などが必要である。

【0005】従来用いられている垂直磁気記録媒体は、NiP被覆したAl基板、ガラス板、あるいはポリイミドやポリエチレンテレフタレートなどのプラスチックフィルム製非磁性基板上に直接Co基合金薄膜を形成しているが、非磁性基板上に直接形成したCo基合金薄膜は、磁化容易軸であるc軸が全く不揃いで、結晶粒径も不揃いであり、磁性膜の保磁力も1000Oe（エルステッド）以下と小さく、高密度磁気記録用媒体としての性能特性が良くない。

【0006】IEEE Trans. Magnetism, MAG-15, 1456 (1979) の“複合異方性膜による垂直磁気記録 (Perpendicular Magnetic Recording with Composite Anisotropy Film)”と題する論文には、磁気記録の再生感度を上げるためにCo基合金薄膜の下部にパーマロイなどの軟磁性材料薄膜を設ける方法が記載されている。一方、磁性層であるCo基合金薄膜結晶のc軸を基板面に垂直方向に高配向化する目的から、基板上にTiなどのhcp構造の下地層、又はSi、Geなどの非晶質状の下地層を形成し、その上にCo基合金磁性薄膜を形成する方法が提案され、磁性結晶粒のc軸配向性を改善し、これにより高い線記録密度が実現されている。

【0007】しかしながら、数Gb/in²以上の高密度磁気記録を実現するには、線記録密度の向上の他に再生信号に含まれるノイズ、特に媒体の微細構造に起因する媒体ノイズの低減が重要である。このためには磁性薄膜の結晶配向に加えてより高度の微細な薄膜構造の制御が必要である。再生信号における媒体ノイズは磁気記録パターンの構造と密接な関係があり、それは磁性膜を構成する粒子間の磁気的な相互作用の強さや磁気異方性の分散などによって大きな影響を受ける。媒体ノイズの低減のために従来様々の改良が試みられている。例えば、

(1) 磁性粒子間の磁気的相互作用を小さくするためにCoCr系合金中の非磁性Crを増加させて過飽和のCrを結晶粒界に偏析させる方法、(2) スパッタリング

ガスの圧力を制御することにより構造制御用の下地層を形態的に孤立させ、この上に形成する磁性膜の磁性粒子間の相互作用を低下する方法などである。

【0008】さらに媒体ノイズを低減するために、磁性膜の平面方向だけでなく、例えばCoCr系合金磁性膜の間にCrのような非磁性の中間層を設けて膜厚方向においても磁性粒子間の磁気的相互作用を小さくする方法が提案されている。しかし、従来のごとく単に磁性膜の間に非磁性層を設ける方法では、同じ厚さの単層の磁性膜に比べて保磁力が著しく低下する欠点があった。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、上述した従来技術の欠点を解消し、基板上に形成する垂直磁化膜としてのCo基合金薄膜の結晶配向や磁気異方性、あるいは磁性粒子間の相互作用を制御することによって、磁気記録したときの微細な磁区構造を制御し、優れた低ノイズ特性を有し超高密度磁気記録に好適な垂直磁気記録媒体を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明は、磁性薄膜の結晶成長を制御する下地層を基板又は基板上に形成した軟磁性薄膜の上に設け、この下地層の上に同一組成又は異なる組成の2種以上の磁性薄膜を非磁性中間層を介してエピタキシャル的に多層に積層し、積層磁性膜の磁気異方性を制御することにより前記目的を達成する。

【0011】積層磁性膜は、組成の異なる2種以上の磁性薄膜を互いに界面を接して積層し、それを非磁性中間層を介して多層に積層したものでもよい。磁性薄膜はCoを主成分とし、これにCr、Mo、V、Ta、Pt、Si、B、Ir、W、Hf、Nb、Ru、Ti、Ni、CoO及び希土類元素の中から選ばれる少なくとも1種類以上の元素又は化合物を含んだ材料から構成される。

【0012】構造制御用下地層は、この上に形成する磁性膜と結晶格子の整合性の良い材料、例えばTi、Ta、Ru、Hf、Co、又はこれにCr、V、Wなどを添加したhcp構造の材料、又はSi、Geなどの非晶質状の材料から構成される。あるいは、Si、Geなどの非晶質状の下地層の上にTi、Ta、Ru、Hf、Co、又はこれにCr、V、Wなどを添加したhcp構造の下地層を形成することもできる。

【0013】最も一般的には、基板上にhcp構造下地層を形成し、この上にCo基合金磁性薄膜を形成する。このCo基合金薄膜のc軸を垂直方向に配向させるには、〈00・2〉配向したhcp下地層、又はSi、Geを主成分とする非晶質状下地層が望ましい。また薄膜形成時に蒸着粒子の入射角を傾斜させることにより、磁性膜の磁化容易軸を基板面の特定の方向に傾斜させることができる。磁化容易軸の基板面に垂直な方向からの傾斜角は、磁気ヘッドの走行方向に0～45度の範囲が望ましい。

(4)

特開平7-176027

【0014】非磁性中間層はCo, Ti, Ru, Hf, Ta, Cr, V, Ti, Ru, W, Mo, Pt, Si, Ge, Bから選ばれた少なくとも1種類を含む材料、もしくはこれを含む合金材料からなり、磁性膜のエピタキシャル成長を促進するhcp構造、面心立方構造あるいは体心立方構造、もしくは非晶質構造を有する材料を選択する。非磁性層の厚さ t_0 は、 $0 < t_0 \leq 8 \text{ nm}$ の範囲が、磁性膜の膜厚方向における磁気的な相互作用の

$$a_2 \geq a_1$$

$$Ku_b \geq Ku_a$$

【0016】組成の異なる2種以上の磁性薄膜を互いに界面を接して積層した積層磁性薄膜の上層と下層の積層膜厚比は目的により任意に設定でき、積層膜厚比1:3~3:1の範囲で保磁力2000Oe以上を得ることができる。また、非磁性層を介して形成する積層磁性薄膜は、上層と下層でその膜厚を変化することも可能であり、下層に比べて上層の保磁力を大きく設定したり、あるいは飽和磁化の値を大きく設定することができる。

$$Mr/Ms \geq 0.8$$

$$35^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$$

【0018】また、非磁性中間層を介して多層に形成した前記多層膜磁気記録媒体において、各層における磁性

$$\delta > d$$

基板に近い側の磁性膜aの保磁力(H_{c_a})と基板から遠い側の磁性膜bの保磁力(H_{c_b})との間には、下記(7)の関係が成立するのが好ましく、基板に近い側の

$$H_{c_b} \geq H_{c_a}$$

$$Ms_b \geq Ms_a$$

【0019】 1 Gb/in^2 以上の超高密度磁気記録を実現するには記録媒体表面と磁気ヘッドとの間のスペーシングは数十nmと小さく設定されるため、磁性膜表面の起伏はできるだけ小さく、望ましくは10nm以下が良い。このためには上記磁性膜の構造制御用下地層の厚さはできるだけ薄い方が好適であり、5nm以上100nm以下が良い。実用的に高い再現性を得るには10~50nmが望ましい。

【0020】構造制御用下地層は2層以上の層で構成しても良い。例えば、基板上にSi, Geなどの非晶質状の層を形成し、この上にhcp構造の下地層を形成する。この2種類の下地層の形成条件(温度、スパッタリングガス圧力、形成速度、組成など)を変化することにより下地層の粒径制御ができ、その結果、この上に形成する磁性膜の結晶粒径の制御も可能になる。薄膜の形成方法は、真空蒸着法、高周波スパッタリング法、イオンビームスパッタリング法などの物理蒸着法を用いることができる。

【0021】

【作用】hcp構造のCo基合金はそのc軸方向に大きな結晶磁気異方性を有し、垂直磁気記録媒体はこのc軸を基板面に垂直、もしくは垂直方向から磁気ヘッドの走

強さを制御するのに好適である。

【0015】基板に近い側の磁性膜aのa軸の長さ(a_1)及び磁気異方性定数(Ku_a)と、基板から遠い側の磁性膜bのa軸の長さ(a_2)及び磁気異方性定数(Ku_b)の間には、下記(1)及び(2)の関係が成立するようにする。ただし、 a_1 及び a_2 は、hcp構造結晶の六角形の底面の一边の長さである。

(1)

(2)

【0017】前記多層の磁気記録媒体の磁化容易軸方向の磁化-磁界曲線(M-H曲線)において、飽和磁化(Ms)と反磁界補正を加えない残留磁化(Mr)の間に下記(4)の関係をもたせる。また、この薄膜のM-H曲線を飽和磁化と保磁力で規格化して新たに作成した規格化M-H曲線において、磁化ゼロを通過する曲線の接線と磁界軸のなす角(θ)の間に下記(5)の関係が成り立つように構成する。

(4)

(5)

薄膜の結晶粒径(d)と磁性膜の厚さ(δ)の間には、下記(6)の関係が成り立つのが好ましい。

(6)

磁性膜aの飽和磁化(Ms_a)と基板から遠い側の磁性膜bの飽和磁化(Ms_b)との間には、下記(8)の関係が成立するのが好ましい。

(7)

(8)

行方向に0~45度の範囲に傾斜した方向に配向させる。これは、垂直記録磁区の形成には、垂直磁気ヘッド(単磁極ヘッド)を用いるのが好適であるが、一般には、従来の面内記録と同じリング型の磁気ヘッドが用いられ、リング型の磁気ヘッドを用いた場合、磁気記録に寄与するヘッドからの漏洩磁束は記録媒体面に対して傾斜しているので、この傾いた漏洩磁束を有効に活用して垂直記録を行うには、記録媒体薄膜の磁化容易軸を法線に対して傾斜させた方がよいからである。傾斜の角度は、垂直記録を行うことを考慮すると基板面の法線に対して0~45度であり、また傾斜の向きはヘッドの走行方向に沿った向きが良い。このCo基合金のc軸を上記の方向に高配向させるために、磁性薄膜の構造制御用下地層を用いる。下地層は、この上に形成するCo基磁性薄膜の結晶粒径や結晶配向を制御するための構造制御用薄膜として作用し、Co基磁性薄膜は下地層の上にエピタキシャル的に成長する。

【0022】構造制御用薄膜としてはTi, Ta, Ru, Hf, Coを主成分とし、これにCr, V, Wなどを添加した合金薄膜を用いることにより、hcp構造の材料単独の薄膜の場合に比べて結晶粒径を小さくでき、従って、この上に形成する磁性薄膜の結晶粒径も小さく

(5)

特開平7-176027

制御できる。高密度磁気記録に適した磁性薄膜は、磁化容易軸のc軸が基板面に垂直、又は磁気ヘッドの走行方向に0〜45度の範囲に傾斜した方向に配向しており、また磁性粒子が夫れ夫れ磁気的に孤立していることが望ましく、このためには構造制御用薄膜を構成する一個の結晶粒の上に各々一個の磁性結晶が形成されるのが好適である。

【0023】また、 1Gb/in^2 以上の超高密度記録用の媒体としては、磁性薄膜の粒径は5〜50nmの範囲で均一であり、磁性粒子が孤立していることが望ましい。このためには磁性膜の構造制御用の下地層薄膜の結晶粒径も、5〜50nmの範囲で均一に分布していることが望ましい。 1Gb/in^2 以上の超高密度磁気記録においては、記録ビット長は0.2μm以下と小さくなり、磁気記録時の反磁界の影響を小さくし安定な高密度記録を実現するには、磁性膜の一層の膜厚は磁性結晶粒径より大きいことが望ましい。

【0024】磁性膜を非磁性中間層を介して多層に構成することにより、磁性膜の膜厚方向における磁気的な相互作用の強さを制御でき、垂直記録したときの逆磁区（記録磁化の向きと逆方向に形成される磁区）の発生を抑制する効果があり、再生ノイズを低減できる。すなわち、従来の面内磁気記録では、記録ビット境界のジグザグ構造の磁区形成と隣接記録ビット間の磁気干渉が再生ノイズの原因であった。垂直記録では記録磁区の内部の逆磁区の形成が再生ノイズの原因の一つと考えられるが、本発明の磁気記録媒体は、逆磁区の発生を抑制し、再生ノイズを低減できる効果がある。前記（1）及び（2）の関係を満たすことにより、多層化による保磁力と異方性磁界の低下を防止でき、また磁気記録したとき記録ビット内部に形成される逆磁区による再生ノイズを低減でき、高密度磁気記録に好適な磁気記録媒体が得られる。

【0025】すなわち、本発明の多層磁性膜において、膜面垂直方向の垂直磁気異方性はC₀基礎磁性膜の結晶磁気異方性と磁性粒子の形態からくる形状磁気異方性、及び格子定数の異なる磁性膜を積層することにより界面に発生するストレスに起因する磁気異方性からなる。膜面から磁気ヘッドにより磁気記録を行う場合、ヘッド端面に近いほど強い磁束が発生し、良好な垂直記録を実現するには上層の磁性膜の磁気異方性を大きくするのが有効である。積層磁性膜により界面に発生するストレスに起因する磁気異方性については、 $a_2 > a_1$ の関係を持ち、a軸長の異なる磁性膜を積層したとき、軸長の大きい磁性膜はa軸の長さを縮小する方向に力を受け、その結果この磁性膜のc軸を引き伸ばす作用が働き磁気異方性を高める効果がある。積層磁性膜のa軸を $a_2 > a_1$ とすることにより、磁気ヘッドに近い側、すなわち基板から遠い磁性膜の磁気異方性を大きくすることができる。

【0026】磁性薄膜の結晶格子定数は組成により変化でき、例えばC₀Cr合金にPtを添加した場合、添加量により格子定数は1〜3%変化する。したがって、組成の異なる（格子定数の異なる）磁性膜を界面を接してエピタキシャル成長させることにより、境界に発生するストレスにより磁性膜の保磁力を向上できる。また、 $(a_2 - a_1) / a_1$ の値は0.01〜0.05の範囲にあることが好ましい。

$(a_2 - a_1) / a_1$ の値が0.01未満ではエピタキシャル膜界面にストレスを与えることができないからであり、0.05を超えると望ましいエピタキシャル成長を達成することができなくなるからである。

【0027】 $a_1 = a_2$ の場合には、非磁性中間層の材料を適当に選択することにより同様の作用効果を得ることができる。前記（4）及び（5）の関係を満足することにより、磁気記録の際に記録ビット内部に形成される逆磁区の形成を防止でき、再生ノイズの低い高密度記録が実現できる。

【0028】すなわち、垂直記録における再生ノイズの主たる原因は、記録ビット内部に形成される逆磁区の発生である。一般に用いられるC₀Cr系の垂直磁化膜のM-H曲線では、 $M_r / M_s < 0.3$ である。これは磁性膜に発生する反磁界の影響が原因であり、これにより磁気記録したときに記録ビット内部に逆磁区が形成される。逆磁区の発生を防止するには、膜面垂直方向の磁気異方性を強くし、 M_r / M_s の値を大きくすることが有効である。理想的には $M_r / M_s = 1$ であるが、 $M_r / M_s \geq 0.8$ の条件を満たせば、例えば逆磁区が発生しても磁区サイズが微小なため、再生ノイズを従来の記録媒体に比べて小さくできる。 $M_r / M_s \geq 0.8$ の条件を満たせば、 $35^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$ が同時に満たされる。

【0029】前記（6）の関係を満足することにより、膜厚方向に形状磁気異方性を与えることができる。膜面から磁気ヘッドにより磁気記録を行う場合、ヘッド端面に近いほど強い磁束が発生し、基板面に近いほど記録ヘッド境界は弱くなる。飽和記録を行い良好なオーバーライト特性を得るには、膜面に近いほど磁性膜の保磁力を大きくするのが望ましい。また、記録媒体表面からの漏洩磁束を大きくし、再生出力を大きくするには、膜の表面の記録磁化が大きいことが望ましい。前記（7）及び（8）の関係を満足することにより、良好なオーバーライト特性及び大きな再生出力を得ることができる。

【0030】

【実施例】以下に本発明の実施例を挙げ、図面を参照しながら詳細に説明する。図において、同一の符号を付したものは、同じ性能特性を有する部分を示す。

【実施例1】図1に示すごとく、洗浄したガラス基板1上に磁性膜の構造制御用として下地層2を形成し、この上にC₀基礎磁性薄膜を設けた垂直磁気記録媒体を以下に示す手順で作製した。

(6)

特開平7-176027

【0031】洗浄したガラス基板1をスパッタリング装置に設置し、 2×10^{-7} Torrの真空まで排気した。続いて基板1を200℃に加熱して、磁性膜の構造制御用として厚さ30nmの下地層2を形成した。下地層2は、最も一般的にはTi, Ta, Ru, Hf, Coなどのh-c-p構造の材料を用いるが、これにCr, V, Wなどを添加したh-c-p構造の下地層、又はSi, Geなどの非晶質状の下地層などの材料を選択することも可能である。本実施例では、Ti-10at%Cr合金を用いた。下地層2はh-c-p構造を有し、その成長方位は $\langle 002 \rangle$ 方位であった。

【0032】この上に引き続き同一真空中で厚さ50nmの第1磁性膜3、非磁性中間層4、厚さ50nmの第2磁性膜5を順次形成して図1(a)に示すごとく構成した多層膜媒体A6を作製した。この多層膜媒体Aの上に膜厚10nmのカーボン保護膜7を形成した。非磁性中間層4は、0~13nmまで種々の膜厚のものを用意した。

【0033】本実施例では、第1磁性膜3としてCo-15at%Cr-6at%Pt-3at%Si系磁性膜を、第2磁性膜5としてCo-10at%Cr-15at%Pt系磁性膜を用いたが、磁性膜はCoを主成分とし、これにCr, Mo, V, Ta, Pt, Si, B, Ir, W, Hf, Nb, Ru, Ti, Ni, CoO及び希土類元素の中から選ばれる少なくとも1種類以上の元素又は化合物を含んだ材料から構成しても同様の効果を得ることができる。

【0034】非磁性中間層としてはRuを用いたが、Ti, Hf, Ta, CoあるいはこれにCr, V, Ti, Ru, W, Mo, Pt, Si, Ge, Bから選ばれた少なくとも1種類を含む材料、もしくはこれを含む合金材料なる六方稠密構造の材料、又はPt, Pdなどの面心立方構造あるいはCrなどの体心立方構造の材料、もしくはSi, Ge, Bなどの非晶質状構造の材料を選んでも、エピタキシャル成長の条件を大きく妨げなければ同様の効果を得ることができる。第1磁性膜3の膜厚(δ_1)と第2磁性膜5の膜厚(δ_2)は任意に選択できる。

【0035】本実施例では、薄膜の形成をスパッタリング法によって行ったが、スパッタリング法の他にも真空蒸着法、イオンビームスパッタリング法などを用いることができる。また、本実施例では、磁性膜は2層を例に挙げて説明したが、非磁性層を介して2層以上の磁性膜を積層して用いても同様の効果を得られる。

【0036】(比較例) 比較用として、上記下地層2の上に全磁性膜の厚さ(δ)を($\delta = \delta_1 + \delta_2$)に設定した1種類の磁性膜、すなわち実施例1の第1磁性膜3と同一組成のCo-15at%Cr-6at%Pt-3at%Si系磁性膜のみから構成された図1(b)の構成の単層磁性膜A8からなる試料を作製した。

【0037】上記実施例1の多層磁気記録媒体にリング

型磁気ヘッドによって磁気記録を行い、相対再生出力9と再生ノイズ10の特性に及ぼす非磁性中間層の効果調べた。その結果を、単層磁性膜A8の特性で規格化して図2に示す。図2から明らかなように、2種類の磁性膜を非磁性中間層を介して積層して構成した多層膜媒体6は、1種類の磁性膜のみから構成された単層磁性膜に比べて何れの非磁性中間層膜厚においても再生ノイズ10を低下させる効果がある。特に、非磁性中間層の厚さ t_0 が $0 < t_0 \leq 8$ nmの範囲では再生ノイズ低減の効果が高く、また再生信号の出力低下も10%以下に抑制できる効果が認められる。

【0038】本実施例の多層磁性膜の構造を電子顕微鏡で観察し、微細構造を調べた。電子線回折像と格子像観察から磁性膜と中間層はエピタキシャル的に成長しており、第1磁性膜のa軸長(a_1)と第2磁性膜のa軸長(a_2)の間には $a_2 > a_1$ の関係が成り立っており、 a_2 が a_1 に比べて約2%大きい値であった。磁化容易軸のc軸は膜面垂直方向であることが確認された。また薄膜断面の組成分析の結果、磁性層と中間層の境界は鮮明に分離されており、また磁性膜中のCo微粒子の周囲に非磁性Crが偏析した構造が観察された。この非磁性Crの偏析構造は隣接磁性粒子間の磁気的相互作用の強さを弱める効果があり、また第1磁性層と第2磁性層の間が非磁性中間層で分離した構造は、膜厚方向の磁気的相互作用の強さを弱める効果があり、磁気記録したときの逆磁区形成による再生ノイズの増加を抑止することができる。

【0039】図1に示した構成の多層膜媒体と単層膜媒体において、直流消去の後、磁気記録を行い、記録磁化状態を磁気力顕微鏡により観察し比較した結果を図3に模式的に示す。図中、矢印の長さが長いほど、また円内の濃淡の濃い部分ほど磁化の強さが強いことを表す。図3(a)に示すごとく、1種類の磁性膜で構成した単層膜媒体においては、記録磁区の境界11を互いに反平行の磁化方向12、12'をもつ磁気記録が実現される。この場合、記録磁区の境界11では互いに反平行に磁化され、この領域では反磁界の影響が打ち消し合うように作用するため、相対的に強い記録磁化(磁化方向と同じ向きの磁化)13が形成される。しかしながら、記録磁区の境界11から離れると共に反磁界の影響が強くなり、記録ビットの内部に磁化方向12、12'と逆向きの磁化、すなわち逆磁区14が形成される。またこの逆磁区14のサイズは隣接磁性粒子間の相互作用の強さに依存し、Co基合金に非磁性元素、例えばCrなどを添加して偏析構造を形成することが逆磁区形成を抑止するのに有効である。

【0040】この逆磁区14の発生が、再生信号のノイズの原因となる。記録磁化13及び逆磁区14は、薄膜の飽和磁化(M_s)又は残留磁化(M_r)と磁性膜厚 δ の積に依存する。従って、逆磁区14を小さくするに

(7)

特開平7-176027

は、再生出力を低下しない範囲で磁性膜厚 δ を小さくするのが有効である。図3(b)は、2種類の磁性膜を非磁性中間層4で分離した構造の多層膜媒体の記録磁化状態を模式的に示したものである。この場合、記録磁区の境界11は、前記単層膜媒体に較べて鮮明な構造となる。この場合においても、記録磁化方向12、12'と逆向きの磁化、すなわち逆磁区14が形成されるが、2種類の磁性膜の間に設けた適正な膜厚(t_0)の非磁性中間層により逆磁区14の形成に寄与する磁性膜厚(δ_1 又は δ_2)を小さくできる。このため、記録ビット内部に形成される逆磁区14の強さを弱める効果があり、その結果、再生信号におけるノイズを低減できる。

【0041】また多層磁性膜媒体において、磁性結晶粒径(d)と多層の磁性膜の厚さ(δ_1 又は δ_2)の間に、

$$(\delta_1 \text{ 又は } \delta_2) > d$$

の関係を与えることが膜面垂直方向の磁気異方性を持たせるのに有効である。本実施例の場合、磁性結晶粒径 d の平均は30nmであり、上記関係を満足している。

【0042】また、複数の磁性結晶粒からなる磁気クラスタで記録磁化13が形成される場合、

$$(\delta_a \text{ 又は } \delta_b) > \text{磁気クラスタ}$$

の関係が成り立つように設定する。さらに、この構成の多層磁性膜媒体において第1磁性膜3の磁気異方性定数(K_{u1})と第2磁性膜5の磁気異方性定数(K_{u2})の間は、 $K_{u1} \geq K_{u2}$ の関係を与えることが磁気記録の際の逆磁区の発生を抑止する効果があり、高密度垂直磁気記録に好適である。本実施例の場合、 $K_{u1} = 1.5 \times 10^6 \text{ erg/cc}$ 、 $K_{u2} = 3 \times 10^6 \text{ erg/cc}$ であった。

【0043】本実施例の多層膜垂直磁気記録媒体と、図1(b)に示した比較例の単層膜垂直磁気記録媒体の磁化-磁界特性(M-H特性)を図4により説明する。図4は、磁化容易軸方向、本実施例では膜面垂直方向のM-H特性を振動試料型磁力計(VSM)で測定し、各々の媒体の磁化を飽和磁化(M_s)で規格化し、磁界の強さを保磁力(H_c)で規格化して作成した規格化M-H特性を示す。従って、磁化が飽和した値を規格化飽和磁化(M_s^*)、磁界ゼロのときの磁化の値を規格化残留磁化(M_r^*)、M-H特性が磁界軸と交差するときの磁界を規格化保磁力(H_c^*)として表している。

【0044】比較例の単層膜垂直磁気記録媒体では、図4(a)に示したように、規格化残留磁化(M_r^*)の値は、規格化飽和磁化(M_s^*)に較べて遥かに小さく、結晶粒の磁化容易軸を膜面垂直方向に高配向しても角型比、すなわち M_r^*/M_s^* は0.17~0.3程度である。高配向の垂直磁化膜を用いて磁気記録したときの記録磁化、すなわち残留磁化を大きくするためには、飽和磁化を大きくする必要がある。この構成の媒体では、前記のごとく磁気記録したときに形成される実効的な磁

化の向きと反対方向に逆磁化が形成され、これが再生信号のノイズの原因になる。

【0045】一方、本発明の多層膜垂直磁気記録媒体では、 M_r^*/M_s^* の比が $0.8 \leq M_r^*/M_s^* \leq 1$ と大きい試料が作製でき、また磁気異方性(K_u)も上記の単層膜垂直磁気記録媒体に較べて数倍以上大きくできる。また、縦軸と横軸のスケールを同じにしたとき、この規格化M-H特性が磁界軸と交差するときの磁界、規格化保磁力(H_c^*)において曲線が磁界軸と交差する角(θ)も35~90度と大きくすることができる。すなわち、本発明の多層膜垂直磁気記録媒体は、 M_r^* や K_u が大きいため、比較的薄い記録膜でも高い記録磁化が得られ、高い再生出力を得ることができる。また K_u を大きくできるため、磁気記録したときに逆磁区の発生領域を減少でき、その結果再生ノイズも低下できる。さらには記録磁区の境界が鋭く形成でき、高密度の磁気記録が可能である。

【0046】〔実施例2〕第1磁性膜3と第2磁性膜5の膜厚を $\delta_1 = \delta_2 = 50 \text{ nm}$ に設定し、第1磁性膜3としてCo-17at%Cr-4at%Ta、第2磁性膜としてCo-10at%Cr-15at%Pt系磁性膜、非磁性中間層としてPtを用い、図1(a)の構成の多層膜を形成した。

【0047】本実施例の多層膜の場合、 $(a_2 - a_1)/a_1 = 0.025$ 、 $K_{u1} = 0.9 \times 10^6 \text{ erg/cc}$ 、 $K_{u2} = 3 \times 10^6 \text{ erg/cc}$ 、 $M_r^*/M_s^* = 0.9$ 、 $\theta = 85^\circ$ 、第1の磁性膜の飽和磁化と第2の磁性膜の飽和磁化の比 $M_{s1}/M_{s2} = 0.65$ であった。非磁性中間層の膜厚 t_0 を変化させて、再生ノイズ及び再生出力を測定した結果、図2と同様の傾向が得られた。本実施例では、 δ_1 と δ_2 を同じに設定したが、 $\delta_1 : \delta_2$ を1:3~3:1の間で変化させても同じ効果が得られた。

【0048】〔実施例3〕本発明の他の実施例を図5により説明する。基板1の上に非晶質状の下地層2を形成した。非晶質状下地層としては、Si、Ge、B又はこれらの合金を用いることができる。同一真空中でこの上に粒径制御層21を形成する。粒径制御層としては、hcp構造の材料が望ましい。この場合、非晶質状下地層の上に自由核生成して、最稠密面の(00·1)面を基板に接した結晶成長が促進される効果がある。例えばTi-Cr合金を用いた場合、この合金の組成、形成温度、形成速度あるいはスパッタリングガスの圧力により前記粒径制御層21の径を制御できる。引き続いて、この上に第1磁性膜3、中間層4、第2磁性膜5の順に積層した多層膜媒体B22を形成する。

【0049】例えば、第1磁性膜3、第2磁性膜5としてCo-(x)at%Cr-4at%Ta系の磁性膜を形成したすると、薄膜中のCr濃度(x)により2層の磁性膜の飽和磁化の値を変化できる。基板面に近い磁性

(8)

特開平7-176027

膜のCr濃度を大きく設定することにより、膜厚方向に順次飽和磁化の大きさを変化できる。本実施例では、第1磁性膜としてCo-17at%Cr-4at%Taを30nm形成し、第2磁性膜としてCo-10at%Cr-4at%Taを50nm形成した。非磁性中間層としては5nmのTi-V合金を用いた。この様にして形成した多層磁性膜は、前記粒径制御層21の結晶粒の上にエピタキシャル的に成長しており、磁性膜の粒径は粒径制御層21により均一に制御できる。

【0050】本実施例の多層膜の場合、 $(a_2 - a_1) / a_1 = 0.01$ 、 $Ku_1 = 0.9 \times 10^6 \text{ erg/cc}$ 、 $Ku_2 = 1.2 \times 10^6 \text{ erg/cc}$ 、 $Mr^* / Ms^* = 0.91$ 、 $\theta = 88^\circ$ 、第1の磁性膜の飽和磁化と第2の磁性膜の飽和磁化の比 $Ms_1 / Ms_2 = 0.6$ であった。非磁性中間層の膜厚 t_4 を変化させて、再生ノイズ及び再生出力を測定した結果、図2と同様の傾向が得られた。

【0051】〔実施例4〕図6は、本発明の多層磁性膜媒体の他の実施例の説明図である。図5で説明したごとく、基板上に下地層2、粒径制御層21の順に形成し、この上に磁性膜a、b、cを非磁性中間層4を介して多層に繰り返し積層した多層膜媒体c23を作成した。磁性膜a、b、cは、それぞれCo又はCoCrを主成分とし、これにMo、V、Ta、Pt、Si、B、Ir、W、Hf、Nb、Ru、Ti、Niを添加した同一組成の材料とした。非磁性中間層4としては、Pdを用いたが、Pd以外にもPt等の面心立方の材料が使用できる。非磁性中間層4の厚さ t_4 は1~7nmが好適である。磁性膜a、b、cの膜厚は8nmとしたが、膜厚方向に順次変化して構成することもできる。

【0052】複数の磁性膜が同一組成である場合には、本実施例のように非磁性中間層の材料を適当に選択することにより磁性膜と非磁性中間層のエピタキシャル膜界面にストレスを発生させて磁気異方性を与えることが可能である。磁性膜a、b、cとしてCoを用いた本実施例の多層膜の場合、 $a_1 = a_2 = a_3 = 0.2507 \text{ nm}$ 、 $Ku_1 = Ku_2 = Ku_3 = 4.4 \times 10^6 \text{ erg/cc}$ 、 $Mr^* / Ms^* = 0.97$ 、 $\theta = 88^\circ$ 、 $Ms_1 = Ms_2 = Ms_3$ である。非磁性中間層4の膜厚 t_4 を変化させて、再生ノイズ及び再生出力を測定した結果、図2と同様の傾向が得られた。

【0053】〔実施例5〕本発明の他の実施例を図7を用いて説明する。基板1上に構造制御用下地層2を形成し、続いて組成の異なる磁性膜L₁31、磁性膜H₁32を互いに境界を接して形成した第1積層膜33を作成する。磁性膜L₁31、磁性膜H₁32は、Coを主成分とし、これにCr、Mo、V、Ta、Pt、Si、B、Ir、W、Hf、Nb、Ru、Ti、Ni、CoO及び希土類元素の中から選ばれる少なくとも1種類以上の元素を含んだ材料から構成する。例えば、磁性膜L₁31

31としてCo-15at%Cr-6at%Pt-3at%Si系磁性膜を磁性膜H₁32としてCo-10at%Cr-15at%Pt系磁性膜などのhcp構造の材料を用い、結晶のa軸長は基板から遠い側の膜が大きくなるように設定する。さらにこの上に非磁性中間層4を介して組成の異なる磁性膜L₂34、磁性膜H₂35を互いに境界を接して形成した第2積層膜36を作成し、この上にカーボン保護層7を設けて多層膜媒体D37とする。磁性膜L₂34、磁性膜H₂35は、磁性膜L₁31、磁性膜H₁32と同じ構成でも、あるいは別の構成で用いても良い。この場合も結晶のa軸長は基板から遠い側の膜が大きくなるように設定する。なお、第1積層膜33のa軸長の平均値を a_1^* とし、第2積層膜36のa軸長の平均値を a_2^* とすると、 $a_2^* > a_1^*$ の関係が成立するようにする。

【0054】本実施例のごとく異なる組成の磁性膜を互いに境界を接して構成した積層膜を多層にすることにより高い保磁力の媒体を比較的容易に形成でき、また膜厚方向でも保磁力を制御し易い利点がある。同様の構成で、例えば磁性膜L₁31、磁性膜H₁32を同一材料とすることができるのは言うまでもない。

【0055】〔実施例6〕本発明の他の実施例を図8により説明する。基板1上に下地層2を形成し、この上に基板面の法線に対して傾斜した方向、例えば0~45度の方向から磁性材料を蒸着し、第1磁性膜3、中間層4、第2磁性膜5からなる多層膜媒体E38を作成する。磁性膜としては、Co-CoOの混合膜やCoを主成分とするCo基合金を用いることができる。この場合、この多層膜媒体E38の磁化容易軸は、薄膜形成ときの磁性粒子の入射方向にほぼ一致する。

【0056】本実施例では、下地層2として酸化コバルトを50nm形成し、その上に第1磁性層としてCo-CoO混合膜を50nm、中間層としてCoOを4nm、第2磁性層としてCo-20at%Cr合金を50nm積層した多層膜媒体E38を形成し、さらに保護膜としてCoOを5nm形成した。蒸着方向は基板面に対して60度とした。この媒体にリング型磁気ヘッドで記録再生を行った場合、磁気ヘッドの漏洩磁束に沿った記録磁化が形成され易く、その結果低ノイズで高い再生出力の高密度磁気記録が可能である。

【0057】本実施例の多層膜の場合、磁化容易軸方向は、基板面に対して約60度傾斜した方向であった。また、 $Ku_1 = 0.9 \times 10^6 \text{ erg/cc}$ 、 $Ku_2 = 1.3 \times 10^6 \text{ erg/cc}$ であった。非磁性中間層の膜厚 t_4 を変化させて、再生ノイズ及び再生出力を測定した結果、図2と同様の傾向が得られた。

【0058】〔実施例7〕本発明の他の実施例を図9により説明する。基板1上に高い透磁率をもった軟磁性層39を形成し、この上に例えば図1(a)と同様の構成の磁性膜を形成してなる多層膜媒体F40として用い

(9)

特開平7-176027

ることができる。軟磁性層膜39としては、パーマロイ、センダスト、あるいはCo, Zr, Mo, Nb, W, Feなどを含む非晶質構造の軟磁性材料を用いることができる。この構成の媒体は、単磁極型磁気ヘッドにより理想的な垂直磁気記録でき、高い再生出力、低ノイズの高密度磁気記録が可能である。

【0059】〔実施例8〕図10は、磁気記録装置の一実施例の模式図である。磁気記録媒体71は、モータにより回転する保持具に保持され、それぞれの各磁性膜に対応して情報の書き込み、読み出しのための磁気抵抗効果素子再生複合ヘッド72が配置されている。この磁気抵抗効果素子再生複合ヘッド72の磁気記録媒体71に対する位置をアクチュエータ73とボイスコイルモータ74により移動させる。さらに、これらを制御するために記録再生回路75、位置決め回路76、インターフェイス制御回路77が設けられている。

【0060】

【発明の効果】以上詳細に説明したごとく、本発明の磁気記録媒体によれば、基板上に磁性薄膜の構造制御用の下地層を形成し、この上に組成の異なる少なくとも2層以上からなる磁性膜を非磁性中間層を介して多層に積層して構成した多層膜構造の記録媒体を用いることにより、記録再生ノイズ特性の小さい超高密度磁気記録に最適な磁気記録媒体を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】(a)は本発明による多層膜構造記録媒体の基本構成図、(b)は従来の単層膜構造記録媒体の構成図。

【図2】中間層の効果の説明する図。

【図3】記録磁化状態を説明する模式図であり、(a)は従来の単層膜構造記録媒体の記録磁化状態を説明する模式図、(b)は多層膜構造記録媒体の記録磁化状態を

説明する模式図。

【図4】磁化-磁界特性を説明する図であり、(a)は従来の単層膜構造記録媒体の磁化-磁界特性を説明する図、(b)は本発明の多層膜構造記録媒体の磁化-磁界特性の一例を説明する図。

【図5】本発明の他の実施例の多層構造媒体の断面模式図。

【図6】本発明の他の実施例の多層構造媒体の断面模式図。

【図7】本発明の他の実施例の多層構造媒体の断面模式図。

【図8】本発明の他の実施例の多層構造媒体の断面模式図。

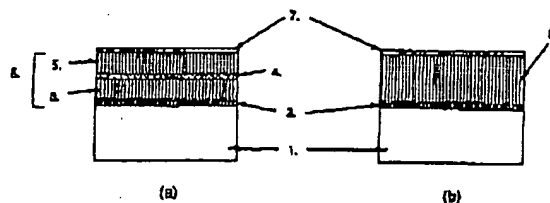
【図9】本発明の他の実施例の多層構造媒体の断面模式図。

【図10】磁気記録装置の一例の模式図。

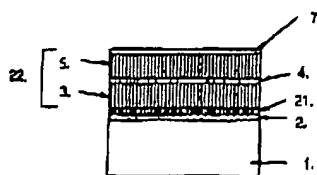
【符号の説明】

1…基板、2…下地層、3…第1磁性膜、4…中間層、5…第2磁性膜、6…多層膜媒体A、7…保護膜、8…単層磁性膜A、9…相対再生出力、10…再生ノイズ、11…記録磁区の境界、12、12'…磁化方向、13…記録磁化、14…逆磁区、21…粒径制御層、22…多層膜媒体B、23…磁性膜、24…多層膜媒体C、31…磁性膜L₁、32…磁性膜H₁、33…第1積層膜、34…磁性膜L₂、35…磁性膜H₂、36…第2積層膜、37…多層膜媒体D、38…多層膜媒体E、39…軟磁性膜、40…多層膜媒体F、71…磁気記録媒体、72…磁気抵抗効果素子再生複合ヘッド、73…アクチュエータ、74…ボイスコイルモータ、75…記録再生回路、76…位置決め回路、77…インターフェイス回路

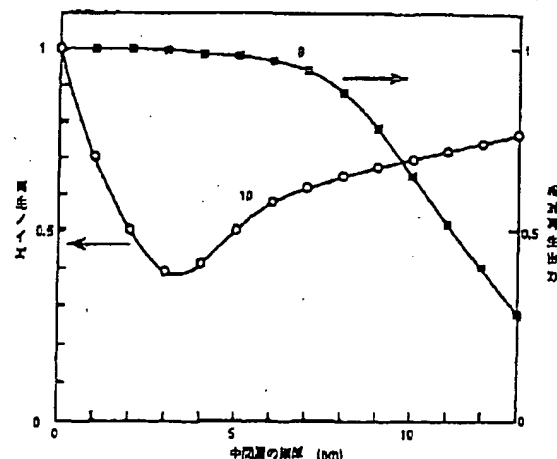
【図1】



【図5】



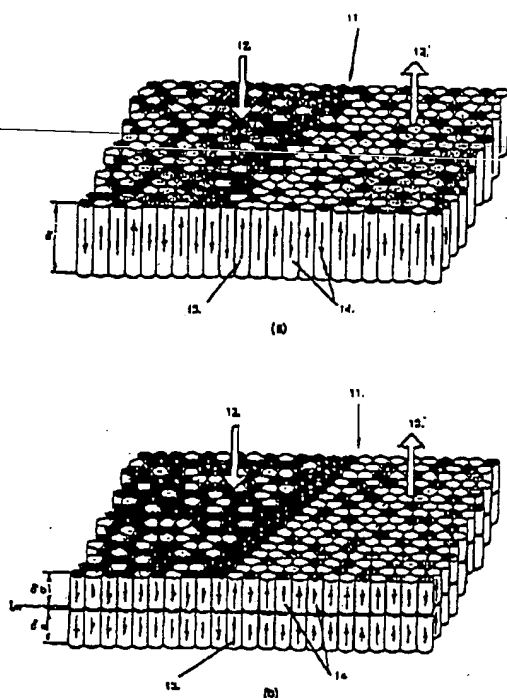
【図2】



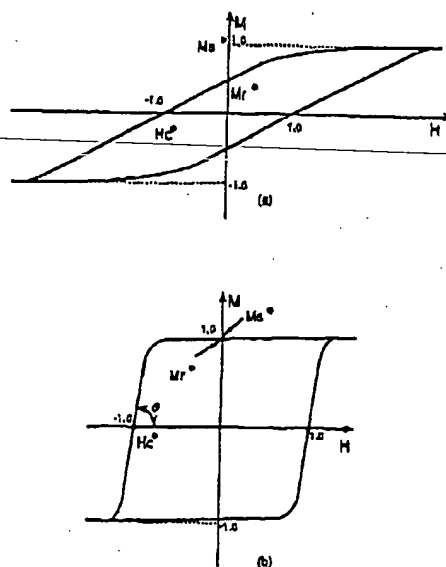
(10)

特開平7-176027

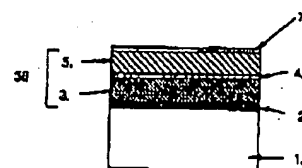
【図3】



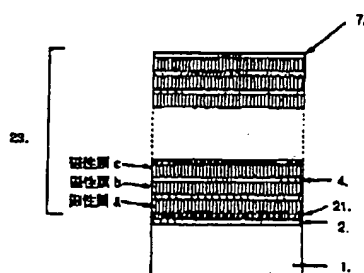
【図4】



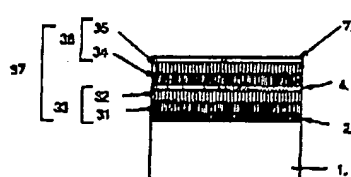
【図8】



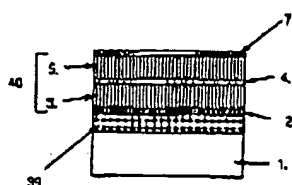
【図6】



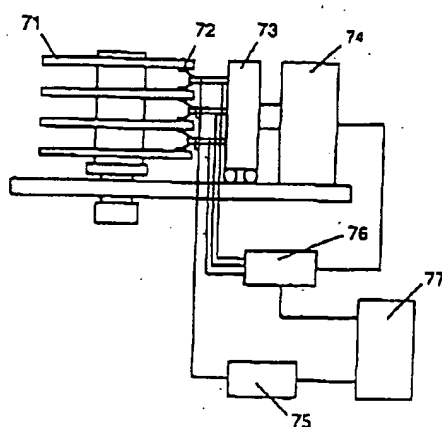
【図7】



【図9】



【図10】



(11)

特開平7-176027

フロントページの続き

(72)発明者 栗野 博之

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 二本 正昭

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内